

補助事業番号 28-150
補助事業名 平成28年度 マイクロマシン用潤滑膜の研究補助事業
補助事業者名 香川大学工学部 教授 須崎 嘉文

1 研究の概要

マイクロマシンなどの、ナノ～サブミクロンオーダーの製品、および、部品の潤滑、および、耐久性の問題については手つかずの状態である。本研究では、ナノメートルレベルの化学吸着単分子膜を作製することで、摺動部の潤滑性を向上させることを目的とした。成果として、化学吸着単分子膜の形成によって表面エネルギーを低下させることができ、動摩擦係数を減少させ、潤滑性を向上することができた。

2 研究の目的と背景

マイクロマシン作製技術の発達は著しい。具体的な応用についても今後の展開が期待できる。このマイクロマシンにおいても、通常のスケールの摺動部品同様に潤滑の問題、あるいは、その耐久性について、問題が生じてくることは明らかである。しかしながら、従来のスケールで用いられた潤滑剤は、このマイクロマシンでは利用できない。今後、新たな潤滑技術が必要となるであろう。ところが、このいたって普通に考えられる問題について、現在のところ誰も研究開発を行っていない。そこで、本研究においては、この問題を解決するために、摺動部にナノメートルレベルの化学吸着単分子膜を作製することで、摺動部の潤滑性を向上させ、耐久性を高めることを目的とした。

3 研究内容

(1) 高潤滑高耐久性フッ素系化学吸着単分子膜の開発

厚さ10ナノメートルの化学吸着単分子膜によって、マイクロサイズの製品、部品を覆うことで摩擦抵抗を減らし、潤滑することができます。人体に無害で耐久性も向上します。

(<http://www.eng.kagawa-u.ac.jp/~suzaki/ringring/abstract.pdf>)

研究成果として、基材表面への化学吸着単分子膜の作製によって表面エネルギーを低下させることができ、動摩擦係数を減少させ、潤滑性を向上することができた。具体的には、化学吸着単分子膜を作製しないシリコン基板において動摩擦係数の値は0.21であった。一方、化学吸着単分子膜を形成した試料では、NTS、F3-TS、F9-TS、および、F17-TSにおいて、0.10～0.14となり、化学吸着単分子膜の形成によって、動摩擦係数を減少させることができた。中でも、摺動実験を行った結果、化学吸着単分子はF17-TSが一番耐久性が高いことが分かった。50回摺動後でも、動摩擦係数は0.12であった。光学顕微鏡観察の結果、化学吸着単分子

膜無しのシリコン基板では傷がつくが、化学吸着単分子膜の作製によって傷はつかなくなった。

本研究の目的である、マイクロマシンの潤滑については、そのスケールから考えて、通常の大さの摺動部分のように潤滑剤を使用することはできない。今回、化学吸着単分子膜の作製によって、潤滑が行えること、また、摺動に耐久性がみられたことの結果は有用である。この研究成果は、マイクロマシン将来の実用化、また、実際の使用において非常に大きな成果となることは間違いない。今回の摺動実験は、いわゆる点接触で行ったものであり、耐久性実験の条件としては一番厳しいものである。実際に応用使用する際には、使用する形状や状況に応じた耐久性実験が必要である。

4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

医療機器分野における、光ファイバー型内視鏡や飲み込み型胃カメラ、将来的には埋め込み型マイクロマシンへのニーズが高まっている。これらの製品や部品には必ず摺動部分が存在するが、現在それらの潤滑方法については全く研究開発がされていない。これらは生体内で安全に使用可能であり、すなわち、潤滑膜の溶出や剥離が無く、摺動抵抗が低く高耐久性の高い潤滑膜が期待されている。しかしながら、マイクロマシンの潤滑については、そのスケールから考えて、通常の大さの摺動部分のように潤滑剤を使用することはできない。今回、化学吸着単分子膜の作製によって、潤滑が行えること、また、摺動に耐久性がみられたことの結果は有用である。今後、ナノ～サブミクロンスケールの製品、および、部品に使用し、潤滑の向上や耐久性の向上に活かされることが展望できる。マイクロマシン作製技術の発達は著しい。具体的な応用については、今後の展開が期待できる。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

本研究の統括代表者はこれまで、薄膜、および、表面改質の研究を主に行ってきた。今回の研究は、非常に薄い、単分子膜の作製方法の開発、および、物性の向上であり、これまでの研究歴の延長となる成果と位置付けることができる。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

- ・国際会議プロシーディング論文：Preparation of Fluorocarbon Chemically Adsorbed Monomolecular Film Using CF₄ Plasma and Hydrocarbon Monolayer、The 11th International Symposium on Applied Plasma Science、Institute of Applied Plasma Science、Warsaw、Poland、(2017-9)
- ・学術論文、炭化水素系化学吸着単分子膜の四フッ化炭素プラズマ処理による撥水性単分子膜の作製、精密工学会誌、84、3、pp. 272-276 (2018)

7 補助事業に係る成果物

(1) 補助事業により作成したもの

・Frontier of Applied Plasma Technology、10、1、pp.22-26 (2017) 英文5ページ
<http://www.eng.kagawa-u.ac.jp/~suzaki/ringring/paper.pdf>

(2) (1) 以外で当事業において作成したもの

マイクロマシン用潤滑膜の研究開発概要

<http://www.eng.kagawa-u.ac.jp/~suzaki/ringring/abstract.pdf>

平成28年度 RINGRINGプロジェクト研究補助事業
 マイクロマシン用潤滑膜の研究開発
 香川大学創造工学部
 須崎研究室

厚さ10ナノメートルの化学吸着単分子膜によって、
 マイクロサイズの製品、部品を覆うことで摩擦抵抗を減らし、
 潤滑することができます。人体に無害で耐久性も向上します。

化学吸着単分子膜とは どんなものか？

バルク材料

原子・分子

従来の利用されている材料
 結晶、アモルファス材料

単分子膜材料

原子・分子

ナノメートルレベルの新材料
 単分子膜材料

基材に結合したナノメートルレベルの新材料

化学吸着単分子膜の応用に関する研究(その1)

1.はじめに…
 マイクロマシン上に潤滑膜を形成すると…

2.なぜ？
 潤滑膜は、潤滑剤の代わりに潤滑作用を担う。潤滑剤は、潤滑剤の代わりに潤滑作用を担う。潤滑剤は、潤滑剤の代わりに潤滑作用を担う。

3.膜の正体 — 化学吸着単分子膜 —
 化学吸着単分子膜は、モノマーと自己組織化して形成される。化学吸着単分子膜は、モノマーと自己組織化して形成される。化学吸着単分子膜は、モノマーと自己組織化して形成される。

化学吸着単分子膜の応用に関する研究(その2)

4.化学吸着単分子膜の作製手順

1.基板の洗浄(精製化処理)
 基板を洗浄し、表面を精製化する。

2.電着膜の作製: 基板の清浄
 電着液を用いて、基板に電着膜を形成する。

3.有機洗浄、化学吸着単分子膜の形成
 有機洗浄を行い、化学吸着単分子膜を形成する。

5.化学吸着単分子膜の応用
 化学吸着単分子膜を用いて、マイクロマシンに潤滑膜を形成する。

実用化例

電子レンジの例
 電子レンジの内部に潤滑膜を形成し、摩擦を低減させる。

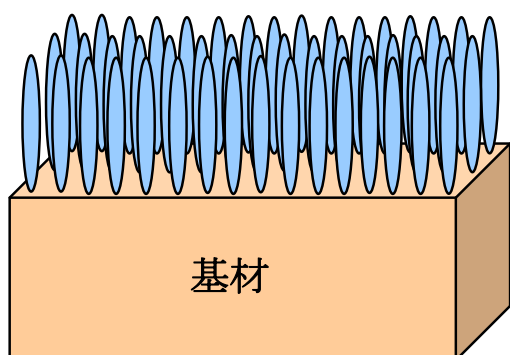
自動車の例
 自動車のエンジン部品に潤滑膜を形成し、耐久性を向上させる。

ナノスケールの潤滑の研究

飲み込み型胃カメラも完成するかもしれないほどマイクロマシンの開発が進んでいる。このサブミクロンサイズの部品には従来の潤滑油は使えない。本事業では、基材上に10ナノメートル以下の単分子膜を作製し、新しいナノ潤滑を確立する。

化学吸着単分子膜の応用開発

化学吸着単分子膜とは、基材表面に高分子を縦に植え付けたようなナノメートルサイズの薄い膜です。これは、サブミクロンサイズの小さいマイクロ製品や部品に撥水性や潤滑性をもたせることのできる他に無い新技術で広く応用できます。



化学吸着単分子

ナノメートル
サイズの新材料

基材表面のナノサイズの膜
によって潤滑する

図 ナノサイズの化学吸着単分子膜



図 化学吸着単分子膜の応用

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名： 香川大学創造工学部 須崎研究室

(カガワダイガクソウゾウコウガクブ スザキケンキュウシツ)

住 所： 〒761-0396

香川県高松市林町2217-20

申 請 者： 教授 須崎 嘉文 (スザキ ヨシフミ)

担 当 部 署： 香川大学創造工学部庶務係

(カガワダイガクソウゾウコウガクブシヨムガカリ)

E - m a i l： suzaki@eng.kagawa-u.ac.jp

U R L： <http://www.eng.kagawa-u.ac.jp/~suzaki/suzaki.html>